

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 07 February 2001 (07.02.01)	Applicant's or agent's file reference WO 99.1091
International application No. PCT/NL00/00359	Priority date (day/month/year) 31 May 1999 (31.05.99)
International filing date (day/month/year) 25 May 2000 (25.05.00)	
Applicant EIJKELHOF, Rogier	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

18 December 2000 (18.12.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer S. Mafla Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

BEST AVAILABLE COPY

REC'D 31 AUG 2001

PCT

WIPO

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference WO 99.1091		See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416) FOR FURTHER ACTION	
International application No. PCT/NL00/00359	International filing date (day/month/year) 25/05/2000	Priority date (day/month/year) 31/05/1999	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G06T5/20			
Applicant ESSENTIAL RESOURCE B.V.			

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.



2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e. sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 10 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☒ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 18/12/2000	Date of completion of this report 29.08.2001
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Authorized officer Casteller, M Telephone No. +49 89 2399 2666 

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No. PCT/NL00/00359

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rules 70.16 and 70.17)*):

Description, pages:

2,3 as originally filed

1,4-10 as received on 20/08/2001 with letter of 20/08/2001

Claims, No.:

1-10 as received on 20/08/2001 with letter of 20/08/2001

Drawings, sheets:

1/7-7/7 as originally filed

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language: , which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of the international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. The amendments have resulted in the cancellation of:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No. PCT/NL00/00359

- ☐ the description, pages:
☐ the claims, Nos.:
☐ the drawings, sheets:

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed (Rule 70.2(c)):

(Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.)

6. Additional observations, if necessary:

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	
Inventive step (IS)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes:	Claims	1-10
	No:	Claims	

2. Citations and explanations
see separate sheet

VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:
see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Reference is made to the following document:

D1: J.D. WALLIS et al.: "An Optimal Rotator for Iterative Reconstruction", IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, IEEE INC., US, NEW YORK, vol. 16, no. 1, 1 February 1997, pages 118-123, XP000685496 ISSN: 0278-0062

2. The preferred use of the techniques described in D1 is image rotation (inverse or forward mapping are discussed). In contrast, the main purpose described in the present application is image enlargement. However, the claimed subject-matter is not limited to enlargement but has wider applications, and is in fact applicable whenever in-between target values must be interpolated from a one- or multi-dimensional grid of discrete source values (cf. page 1, lines 9-11, of the application).

Therefore, despite of their different contexts, D1 discloses relevant prior art.

However, D1 (page 118, abstract, last 2 lines of the left column, first 14 and last 2 lines of the right column, page 119, first partial paragraph) only represents background prior art as it discloses performing Gaussian weighted interpolation amongst initial pixel values so as to determine pixel values at fractional pixel locations.

Starting from these known techniques, the present invention allows to adjust the value obtained by (Gaussian) weighted interpolation such that edges are preserved but excessive blurring is avoided.

This is allowed, in particular, by the claimed determination of a measure of dynamics in a local region around the target (pixel) value to be interpolated.

Neither this claimed measure of dynamics, nor the final claimed adjustment are disclosed or even only suggested in D1 or in the other documents cited in the international search report.

Consequently, notwithstanding the objection of Section VIII below, the subject-matter set out in the present claims, and particularly in claim 1, is considered to be novel and non-obvious with respect to the disclosures of the available prior art. It is also evident that the invention is industrially applicable.

The requirements of paragraphs (1) to (4) of Article 33 PCT are thus met.

Re Item VII

Certain defects in the international application

3. In claim 1, lines 6-7, "the target value is calculated by weighted interpolation is adjusted" is linguistically inconsistent and should instead read "the target value as calculated by weighted interpolation is adjusted".

Correspondingly, at line 3, "interpolation" should read "weighted interpolation", to create an antecedent for the "as calculated by weighted interpolation" of lines 6-7.

In claim 1 the expression "measure of the dynamics" should be replaced by "measure of dynamics" for linguistic reasons. For consistency, also the dependent claim should use this expression instead of the variety of similar expressions used.

In dependent claim 7, "as second region" should read "the local region", and "which second region is optionally of the same size as the first region" should read "which local region coincides with the local region" for consistency with claim 1 and with the description, cf. page 7, lines 16-18 (page 7, lines 8-10 of the originally filed description).

Dependent claim 8 appears superfluous with respect to dependent claim 2.

There is no antecedent in the preceding claims for "the average" mentioned at claim 9, line 1.

4. The opening part of the description (cf. bottom of page 2) should have been modified to bring it into agreement with the amended claims, Rule 5.1 (a) (iii) PCT.

In order to meet the requirements of Rule 5.1 (a) (ii) PCT, document D1 should have been acknowledged and briefly discussed in the opening part of the description.

In the description, the same text is repeated at lines 25-31 of page 3 and lines 1-7 (till "the second region") of page 4.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference WO 99.1091	FOR FURTHER ACTION		see Notification of Transmittal of International Search Report (Form PCT/ISA/220) as well as, where applicable, item 5 below.
International application No. PCT/NL 00/ 00359	International filing date (day/month/year) 25/05/2000	(Earliest) Priority Date (day/month/year) 31/05/1999	
Applicant ESSENTIAL RESOURCE B.V.			

This International Search Report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This International Search Report consists of a total of 3 sheets.

☒ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.

☐ the international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).

b. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international search was carried out on the basis of the sequence listing :

☐ contained in the international application in written form.

☐ filed together with the international application in computer readable form.

☐ furnished subsequently to this Authority in written form.

☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.

☐ the statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.

☐ the statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished

2. ☐ **Certain claims were found unsearchable** (See Box I).

3. ☐ **Unity of invention is lacking** (see Box II).

4. With regard to the **title**,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box III. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. The figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No.

☒ as suggested by the applicant.

☐ because the applicant failed to suggest a figure.

☐ because this figure better characterizes the invention.

3

☐ None of the figures.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

00/00359

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T5/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 561 724 A (KIDO KUNIHICO ET AL) 1 October 1996 (1996-10-01) abstract column 6, line 25 - line 35 ---	1-12
Y	WALLIS J W ET AL: "AN OPTIMAL ROTATOR FOR ITERATIVE RECONSTRUCTION" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 16, no. 1, 1 February 1997 (1997-02-01), pages 118-123, XP000685496 ISSN: 0278-0062 abstract page 118, right-hand column, line 46 -page 119, left-hand column, line 18; figure 1 --- -/--	1-12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 September 2000

Date of mailing of the international search report

08/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gonzalez Ordenez, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/JP95/000359

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JENSEN K ET AL: "SUBPIXEL EDGE LOCALIZATION AND THE INTERPOLATION OF STILL IMAGES" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 4, no. 3, 1 March 1995 (1995-03-01), pages 285-295, XP000501903 ISSN: 1057-7149 abstract	1-12
A	US 4 853 794 A (TSUKADA NORISHIGE ET AL) 1 August 1989 (1989-08-01) abstract column 2, line 48 -column 3, line 24	1-12
A	US 5 134 503 A (KIMURA HIDEAKI) 28 July 1992 (1992-07-28) abstract column 2, line 65 -column 3, line 15 column 7, line 26 -column 10, line 7	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

NL 00/00359

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5561724	A	01-10-1996	JP	6348842 A	22-12-1994
US 4853794	A	01-08-1989	JP	2577748 B	05-02-1997
			JP	63266982 A	04-11-1988
			DE	3789091 D	24-03-1994
			DE	3789091 T	19-05-1994
			EP	0269993 A	08-06-1988
US 5134503	A	28-07-1992	JP	2650759 B	03-09-1997
			JP	3054679 A	08-03-1991

Method for data processing

The present invention relates to a method for processing data in the form of a grid of discrete source values, wherein at least one target value within a region of source values is determined
5 by means of interpolation in said region of source values.

Such a method can be used for data of diverse nature, and particularly to expand, compress or decompress computer data with a non-critical bit value, such as for instance sound and animation files. The starting point is always a one- or multi-dimensional grid of discrete source
10 values among which concrete target values have to be predicted by means of interpolation. The source values herein comprise numerical values which, in the case of for instance an image, indicate the colour intensity of a basic colour present therein and, in the case of a sound file, represents the frequency, i.e. the pitch, or the intensity thereof. In the case of other types of data a different information component in the source data will similarly be taken as
15 measure.

For digital images there exists a number of more or less standardized forms in which the data is stored. The so-called bitmap format is for instance a form wherein the data is stored in a series of discrete numerical values. This series can be converted comparatively simply into a
20 two-dimensional matrix of source values which each indicate the colour intensity of pixels corresponding therewith. In a monochromatic image there thus results a single matrix, while in a colour image such a matrix can be constructed for each of the basic colours.

One of the simplest ways of enlarging such an image is to expand the discrete pixels. The
25 result hereof is shown in figures 1 and 4, wherein the lower image T 1 is roughly a five-fold enlargement of the source image S. It can be seen clearly that such a method of enlargement detracts significantly from the resolution of the final image. Because each pixel of the source image S reappears in the result T1 as a rectangular image area of a uniform colour (intensity), a clear block structure is created which does not correspond with the original source image.

30

AMENDED SHEET

In the context of the present invention local dynamics in the source values are understood to mean the degree in which the source values in the relevant region differ from each other and also the steepness with which these differences are present. A further particular embodiment of the method according to the invention comprises in this respect an algorithm which assigns a numerical value hereto and is characterized for this purpose in that the dynamics are derived from a normalized difference between a source value and an average of all source values in the second region. For the average of all source values in the second region a weighted average is herein preferably taken which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away and which particularly utilizes a non-linear density distribution for the purpose of determining the weighting factors and more particularly a Gaussian distribution, at least an exponential density distribution.

In order to determine the different factors which play a part in predicting the target value within the scope of the invention, the starting point is always a number of source values in a finite first and second region as frame of reference. Relatively far-removed source values can be ignored because they make no or hardly any contribution towards the precision with which the target value is calculated and can even detract from this precision in that there is a lack of any relationship with the target value for predicting. The calculation time of the method moreover increases when more source values are taken as frame of reference. Conversely, only one or two reference values will in many cases be too few to enable prediction of the target value in reliable manner. A particular embodiment of the method according to the invention has been found effective in practice wherein the first and second region both extend over nine source values in the grid.

The adjustment of the interpolated value to the local maximum or minimum within the scope of the present invention can be performed per se in diverse ways. A further particular embodiment of the method according to the invention is however characterized in that the final target value is a weighted average of the target value determined on the basis of interpolation and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is employed which depends on average local dynamics of the source values located around the target value and the

-5-

relative location of the target value determined on the basis of interpolation relative to the local maximum and minimum.

In order to determine the local minima, maxima and dynamics it is possible to carry out a separate calculation for each target value to be determined. A preferred embodiment of the method according to the invention is however characterized in that for all source values an associated local minimum and maximum and an associated dynamic value is determined beforehand so as to be read for the purpose of determining the target value. A calculation is herein performed once for all source values together in order to determine said values, so that these are then immediately available. This saves considerable calculation time since calculations which would otherwise be performed repeatedly now take up calculation time once-only.

The invention is not only suitable for data with only a single information component but also for data in the form of source values with separate numerical values for separate information components. In accordance with a further embodiment of the method according to the invention, for each information component a target value located among the source values is herein determined individually for this information component.

The invention will now be further elucidated with reference to an embodiment and an associated drawing. In the drawing:

figure 1 shows the enlargement of a first image based on an existing technique making using of pixel expansion;

figure 2 shows an enlargement of the first image based on a second existing technique making using solely of pixel interpolation;

figure 3 shows an enlargement of the first image based on an embodiment of the method according to the present invention;

figure 4 shows the enlargement of a second image based on an existing technique making using of pixel expansion;

AMENDED SHEET

- figure 5 shows an enlargement of the second image based on a second existing technique making using solely of pixel interpolation; and
- figure 6 shows an enlargement of the second image based on the embodiment of the method according to the present invention used in figure 3.

5

Although the invention lends itself in principle to any type of data wherein the exact bit value is not critical, it is best elucidated within the scope of the present invention on the basis of an example with graphic data in the form of an image S. The data on the basis of which the image can be constructed is possibly already in the form of a grid or matrix corresponding with the pixels of the image, with for each pixel a numerical source value indicating a colour value or, with a view to the method according to the invention, is brought into such a form. In the case of a monochromatic image the colour value amounts only to an intensity, for instance a grey value; in the case of a colour image this will be a set of for instance three values, one for each basic colour. A much used format in which images are digitally stored is the so-called bitmap format which, for each pixel of a colour image, comprises three channels of 8 bits each, and therefore has 256 values for each basic colour. This format can be employed relatively directly by the method according to the invention, other formats possibly require a conversion similar to that with which such a format is transferred to the (image) memory of a computer.

10

15

Assuming a black/white image S, a part of the thus assembled matrix is shown by the grid of figure 7, wherein the points in the grid represent the pixels of the source image S with for each grid point S_{ij} a discrete value of I_{ij} from 0 to 255 from the matrix to thereby designate the grey value of the relevant pixel. In order to enlarge such an image while retaining resolution, intermediate points have to be created, of which the value of the grey value has to be calculated. One of these points T is shown in the figure.

20

A first estimate of the grey value I_t of the intermediate pixel T can be obtained by interpolation on the basis of the values of the surrounding pixels. The point of departure herefor in this example is a weighted average of the values of the surrounding pixels, wherein the weighting assigned to each pixel is highly dependent on its distance from T. A more particular point of

25

departure herein for the weighting factors is a normalized Gaussian distribution, of which pixel T forms the origin. Because of the sharp fall in the weighting factors according to this curve, a finite region A of for instance 4x4 pixels around T suffices for the interpolation, which pixels are hatched in the figure. On the basis of this interpolation an interpolated grey value P_t results for the pixel T to be calculated in accordance with the following relation:

$$P_t = \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} I_{ij}, \text{ where } \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} = 1$$

According to the invention a local maximum and a local minimum around the pixel T to be calculated is also determined in addition to the interpolated value P_t . In the embodiment described here the starting point for this purpose is a reference region B of 4x4 pixels $S_{-1,-1}, S_{0,0}, \dots, S_{2,2}$, an origin $S_{0,0}$ of which is formed by the pixel in the original image lying just in front of the pixel for calculating. This region is shown hatched in the figure. A local maximum I_{\max} and a local minimum I_{\min} of the grey values of the original pixels are determined within this region.

In addition, the local dynamics in the grey values are determined according to the invention within a reference region around the pixel T for calculating. The starting point therefor in this embodiment is the same reference region B as that in which the local minimum and maximum have been determined. These dynamics provide a measure for the hardness or contrast of the image and are derived in this embodiment from the normalized average difference between the grey values of the pixels S_{ij} in reference region B and a weighted average of the pixels in a reference region C of 5x5 pixels around the pixel S_{ij} for which the local dynamics has to be calculated. This region C therefore differs for each pixel S_{ij} and is indicated by way of example in the figure for S_{00} . This is expressed in the following formula:

$$D_{ij} = \sum_{(i',j') \in B} G_{i'j'} \|I_{i'j'} - I_{\text{gem}(i,j)}\|$$

$$\text{where } I_{\text{gem}(ij)} = \sum_{(p,q) \in C_{ij}} I_{pq} \cdot G_{pq} \text{ with } \sum_{(i,j) \in B} G_{ij} = 1 \text{ and } \sum_{(p,q) \in C_{ij}} G_{pq} = 1$$

The starting point for the weighted average I_{gem} here are weighting factors G'_{pq} on the basis of a normalized Gaussian distribution which attributes a greater weighting to pixels close to the pixel T for calculating than to further removed pixels. For the resulting factor D_{ij} there applies:
 5 $0 \leq D_{ij} \leq 1$. A value $D_{ij}=1$ indicates that the source image in the relevant region is very hard, i.e. has very sharp transitions in intensity, while a value $D_{ij}=0$ indicates precisely the opposite, i.e. no differences in intensity occur within the region. The local dynamics D_t associated with the pixel T to be calculated are derived from the weighted average of the values D_{ij} from the reference region B around the pixel T to be calculated.

10 The grey value of the pixel T to be calculated is established by adjusting the interpolated value P_t to the local maximum or minimum on the basis of the thus found hardness value D_t . Taken for this purpose in this embodiment is a weighted average of P_t and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is applied which depends on the difference from P_t and is
 15 proportional to the hardness value D_t . This is expressed for instance by the following formula applied in this example:

$$I_t = P_t \cdot (1 - D_t) + D_t \cdot \left[I_{min} + (I_{max} - I_{min}) \cdot \sin_n \left(\frac{P_t - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \right) \right]$$

where $\sin_0(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sin(\pi(t - \frac{1}{2}))$ and $\sin_n(t) = \sin_0 \cdot \sin_{n-1}(t)$ with $n \approx 5$

20 If in the relevant reference region B the source image is completely level and has no differences in intensity, which is reflected by a value $D=0$, no shifting or adjustment of the interpolated value P_t takes place. In the case of a comparatively hard image with great differences in intensity, wherein D will move in the direction of a value $D=1$, the adjustment will in contrast be maximal. The final value I_t will in that case be shifted to the local minimum
 25 or maximum, depending on which value lies closest to the interpolated value P_t , thereby resulting in more definition. The local dynamics of the original image S are thus taken into account in the final grey value I_t which is calculated for the pixel T to be added.

The foregoing algorithm is applied for all pixels which have to be calculated among or adjacently of the original pixels in order to create the desired enlargement while retaining resolution. In practice this means that for all pixels of the original source image the associated local maxima, minima and average hardness values are calculated beforehand so that these are then immediately available for the above stated calculations. The stated algorithm allows of simple translation into computer software with which a suitable computer can be loaded to perform the calculations fully automatically. In a user interface adapted thereto setting options can be offered for fine-tuning of the size of the reference regions, the relations for the weighting factors and other parameters.

The result on the basis of this embodiment of the method according to the invention is shown in figures 3 and 6 for respectively a relatively hard source image in the form of a sharply defined character and a more variegated source image corresponding with a photographic image. It can clearly be seen that the definition of the character in figure 3 has been retained despite the great enlargement thereof, while the variegation in the image of figure 6 is retained with the method according to the invention and is even better preserved than on the basis of solely an interpolation method as shown in figure 5.

Although the invention has been further elucidated above with reference to only two embodiments, it will be apparent that the invention is by no means limited to the given embodiments. The invention can thus also be applied to images with more colours, wherein the above stated algorithm is applied separately to each basic colour. The invention can advantageously also be applied for the interpolation of sound data and other data with noncritical bit values while retaining dynamics. The above stated weighting factors and frames of reference, although very effective, have been given solely as examples. Depending on the concrete situation, a fine-tuning thereof can take place to further enhance the quality of the final result. Larger, smaller or identical reference regions can for instance thus be applied to calculate the various above stated factors and, in order to determine the final grey value of the pixel for calculating, a different algorithm can also be chosen which takes account of the local dynamics derived in this pixel and the local maximum and minimum.

-10-

The invention generally provides a method of interpolating data while retaining dynamics, which implies that the character and the definition of the source data is retained to a significant degree in the result.

203070-91008660

AMENDED SHEET

Claims

1. Method for processing data in the form of a grid of discrete source values, wherein at least one target value (T) within a region (A) of source values is determined by means of interpolation in said region (A) of source values characterised in that a minimum value (I_{\min}) and a maximum value (I_{\max}) are determined within a local region of source values around the target value (T), in that a measure of the dynamics is determined within a local region (B) of source values around the target value (T) and in that the target value is calculated by weighted interpolation is adjusted in the direction of either said minimum value or said maximum value on the basis of said determined measure of the dynamics.
2. Method according to claim 1 characterised in that said measure of dynamics is determined as a normalized weighted value of the absolute differences ($\|I_{ij} - I_{\text{gem}}\|$) in source values within said local region (B).
3. Method according to claim 2 characterized in that one of said absolute differences ($\|I_{ij} - I_{\text{gem}(ij)}\|$) is calculated for each one of the source values in said local region (B), and in that each said difference ($\|I_{ij} - I_{\text{gem}(ij)}\|$) is calculated between a given one (I_{ij} , $ij \in B$) of said source values and a weighted average ($I_{\text{gem}(ij)}$) of source values in a further local region (C) corresponding to said given one source value.
4. Method according to any of the preceding claims characterized in that the direction in which said adjustment is performed depends on the relative difference between said target value calculated by weighted interpolation (P_i) and said minimum and maximum value (I_{\min}, I_{\max}).
5. Method according to any of the preceding claims characterized in that use is made of weighted interpolation on the basis of a non-linear density distribution which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away, in particular a Gaussian distribution, at least an exponential density distribution.

a!
conclude

5

6. Method according to any of the preceding claims characterized in that a source value which lies in the grid closest to the target value to be determined, is taken as source of a region extending over a finite number of mutually adjacent source values and that the local maximum and the local minimum are determined in this region.

10

7. Method as claimed in claim 6, characterized in that the measure for the dynamics of the source values is determined in a second region extending over a finite number of mutually adjacent source values, which second region is optionally of the same size as the first region in which the local maximum and minimum are determined.

15

8. Method as claimed in claim 7, characterized in that the dynamics are derived from a normalized difference between a source value and an average of all source values in the second region.

20

9. Method as claimed in claim 8, characterized in that for the average of all source values in the second region a weighted average is taken which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away and which particularly utilizes a non-linear density distribution for the purpose of determining the weighting factors and more particularly from a Gaussian distribution, at least from an exponential density distribution.

25

Sub
a2

10. Method according to any of the preceding claims characterized in that the final target value is a weighted average of the target value determined on the basis of interpolation and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is employed which depends on average local dynamics of the source values located around the target value to be determined and the relative location of the target value determined on the basis of interpolation relative to the local maximum and minimum.

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
7 December 2000 (07.12.2000)

PCT

(10) International Publication Number
WO 00/73993 A1

(51) International Patent Classification⁷: **G06T 5/20**

[NL/NL]: Burgemeester Weertsstraat 86, NL-6814 HR Arnhem (NL).

(21) International Application Number: **PCT/NL00/00359**

(22) International Filing Date: **25 May 2000 (25.05.2000)**

(74) Agent: **JILDERDA, Anne, Ayolt**; Octrooibureau LIOC, P.O. Box 13363, NL-3507 LJ Utrecht (NL).

(25) Filing Language: **Dutch**

(26) Publication Language: **English**

(30) Priority Data:
1012198 **31 May 1999 (31.05.1999)** **NL**

(81) Designated States (*national*): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(71) Applicant (*for all designated States except US*): **ESSENTIAL RESOURCE B.V.** [NL/NL]; Julianaweg 9, NL-3603 AP Maarssen (NL).

(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,

(72) Inventor; and
(75) Inventor/Applicant (*for US only*): **EIJKELHOF, Rogier**

[Continued on next page]

(54) Title: **METHOD FOR DATA PROCESSING**

a s



(57) Abstract: In a method for processing data in the form of a grid of discrete source values, at least one target value situated among the source values is determined by means of interpolation. According to the invention account is also taken of the character and the definition of the source data by determining a local minimum and a local maximum of the surrounding source values in a region round the target value for determining and by determining a measure for the dynamics of the surrounding source values in a region round the target value to be determined. The target value calculated by interpolation is adjusted in the direction of either the local maximum or the local minimum on the basis of the thus calculated measure for the dynamics of the surrounding source values in order to express the character and the definition of the source data.

T3

WO 00/73993 A1



IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

Published:

— *With international search report.*

Method for data processing

The present invention relates to a method for processing data in the form of a grid of discrete source values, wherein at least one target value situated among the source values is determined by means of interpolation.

Such a method can be used for data of diverse nature, and particularly to expand, compress or decompress computer data with a non-critical bit value, such as for instance sound and animation files. The starting point is always a one- or multi-dimensional grid of discrete source values among which concrete target values have to be predicted by means of interpolation. The source values herein comprise numerical values which, in the case of for instance an image, indicate the colour intensity of a basic colour present therein and, in the case of a sound file, represents the frequency, or pitch, or the intensity thereof. In the case of other types of data a different information component in the source data will similarly be taken as measure.

For digital images there exists a number of more or less standardized forms in which the data is stored. The so-called bitmap format is for instance a form wherein the data is stored in a series of discrete numerical values. This series can be converted comparatively simply into a two-dimensional matrix of source values which each indicate the colour intensity of pixels corresponding therewith. In a monochromatic image there thus results a single matrix, while in a colour image such a matrix can be constructed for each of the basic colours.

One of the simplest ways of enlarging such an image is to expand the discrete pixels. The result hereof is shown in figures 1 and 4, wherein the lower image T1 is roughly a five-fold enlargement of the source image S. It can be seen clearly that such a method of enlargement detracts significantly from the resolution of the final image. Because each pixel of the source image S reappears in the result T1 as a rectangular image area of a uniform colour (intensity), a clear block structure is created which does not correspond with the original source image.

A better result is obtained by determining target values among the source values in the output data by interpolation. In the case of an image the most probable colour value of an intermediate target value is herein determined on the basis of the colour values of a group of surrounding pixels. The starting point here is preferably a weighted average of the colour values of the surrounding pixels, wherein a heavier weighting is normally assigned to pixels located closer than to pixels located further away. The result of such a method, which is applied by many modern graphic computer programs in a form which may differ somewhat from each other, is shown in figures 2 and 5. The point of departure is the same source image S and the same enlargement factor as in the other figures to obtain the end result T2.

A block structure as in a simple pixel expansion is thus avoided to a significant extent in that pixels of the source material S are as it were smeared in the end result T2. While for an image such as that in figure 5 this does produce a reasonable result, the image of figure 2 still loses a lot of its definition because the edges of the image become relatively blurred. Such blurred edges are relatively unavoidable assuming an interpolation technique since interpolation between black and white as in the present image will always produce a certain grey value at the edges. The larger the enlargement chosen, the more pronounced this effect becomes.

The present invention has for its object to provide a method of the type stated in the preamble which to at least a significant extent prevents such a blurring of the image, so that the quality of the image is better preserved.

In order to achieve the stated objective a method of the type stated in the preamble has the feature according to the invention that in a region round the target value for determining a local minimum and a local maximum is determined of the surrounding source values, that in a region round the target value to be determined a measure for the dynamics of the surrounding source values is determined and that the target value calculated by interpolation is adjusted in the direction of either the local maximum or the local minimum on the basis of the calculated measure for the dynamics of the surrounding source values. Not only is an intermediate value herein determined by interpolation, an analysis is also carried out in the source data in order to define the dynamics or contrast thereof in at least the region where a

new target value has to be calculated. On the basis of the thus determined dynamics the interpolated value is adjusted more or less to the value of a local minimum or maximum. In the case of for instance an already relatively blurred source image, the thus adjusted target value will not differ from the interpolated value, or hardly so, but in the case of a relatively dynamic image with sharp local differences in the source values this adjustment will be capable of shifting the interpolated value considerably toward the local maximum or minimum so that the contrast in the source data is retained to a significant degree. The result T3 of an embodiment of the method according to the invention is illustrated in figures 3 and 6, utilizing the same source image S and expansion factor as in the other figures, and clearly shows the improvement compared to the existing expansion techniques.

In a particular embodiment the method according to the invention has the feature that a source value which lies closest to the target value for determining in the grid is taken as source of a region extending over a finite number of mutually adjacent source values and that the local maximum and the local minimum are determined in this region. In order to determine the local minimum and maximum for each target value which has to be calculated a uniform framework is herein always used as starting point with just as large a number of source values as reference. The same applies for the determining of the local dynamics of the source values in a further particular embodiment of the method according to the invention, characterized in that the measure for the dynamics of the source values is determined in a second region extending over a finite number of mutually adjacent source values, which second region is optionally of the same size as the first region in which the local maximum and minimum are determined.

In the context of the present invention local dynamics in the source values are understood to mean the degree in which the source values in the relevant region differ from each other and also the steepness with which these differences are present. A further particular embodiment of the method according to the invention comprises in this respect an algorithm which assigns a numerical value hereto and is characterized for this purpose in that the dynamics are derived from a normalized difference between a source value and an average of all source values in the second region. For the average of all source values in the second region

a weighted average is herein preferably taken which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away and which particularly utilizes a non-linear density distribution for the purpose of determining the weighting factors and more particularly a Gaussian distribution, at least an exponential density distribution.

In order to determine the different factors which play a part in predicting the target value within the scope of the invention, the starting point is always a number of source values in a finite first and second region as frame of reference. Relatively far-removed source values can be ignored because they make no or hardly any contribution towards the precision with which the target value is calculated and can even detract from this precision in that there is a lack of any relationship with the target value for predicting. The calculation time of the method moreover increases when more source values are taken as frame of reference. Conversely, only one or two reference values will in many cases be too few to enable prediction of the target value in reliable manner. A particular embodiment of the method according to the invention has been found effective in practice wherein the first and second region both extend over nine source values in the grid.

The adjustment of the interpolated value to the local maximum or minimum within the scope of the present invention can be performed per se in diverse ways. A further particular embodiment of the method according to the invention has the feature however that the final target value is a weighted average of the target value determined on the basis of interpolation and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is employed which depends on average local dynamics of the source values located around the target value and the relative location of the target value determined on the basis of interpolation relative to the local maximum and minimum.

In order to determine the local minima, maxima and dynamics it is per se possible to carry out a separate calculation for each target value to be determined. A preferred embodiment of the method according to the invention has the feature however that for all source values an associated local minimum and maximum and an associated dynamic value is determined

beforehand so as to be read for the purpose of determining the target value. A calculation is herein performed once for all source values together in order to determine said values, so that these are then immediately available. This saves considerable calculation time since calculations which would otherwise be performed repeatedly now take up calculation time
5 once-only.

The invention is not only suitable for data with only a single information component but also for data in the form of source values with separate numerical values for separate information components. In accordance with a further embodiment of the method according
10 to the invention, for each information component a target value located among the source values is herein determined individually for this information component.

The invention will now be further elucidated with reference to an embodiment and an associated drawing. In the drawing:

- 15 figure 1 shows the enlargement of a first image based on an existing technique making using of pixel expansion;
- figure 2 shows an enlargement of the first image based on a second existing technique making using solely of pixel interpolation;
- figure 3 shows an enlargement of the first image based on an embodiment of the
20 method according to the present invention;
- figure 4 shows the enlargement of a second image based on an existing technique making using of pixel expansion;
- figure 5 shows an enlargement of the second image based on a second existing technique making using solely of pixel interpolation;
- 25 figure 6 shows an enlargement of the second image based on the embodiment of the method according to the present invention used in figure 3.

Although the invention lends itself in principle to any type of data wherein the exact bit value is not critical, it is best elucidated within the scope of the present invention on the
30 basis of an example with graphic data in the form of an image S. The data on the basis of which the image can be constructed is possibly already in the form of a grid or matrix

corresponding with the pixels of the image, with for each pixel a numerical source value indicating a colour value or, with a view to the method according to the invention, is brought into such a form. In the case of a monochromatic image the colour value amounts only to an intensity, for instance a grey value; in the case of a colour image this will be a set
 5 of for instance three values, one for each basic colour. A much used format in which images are digitally stored is the so-called bitmap format which, for each pixel of a colour image, comprises three channels of 8 bits each, and therefore has 256 values for each basic colour. This format can be employed relatively directly by the method according to the invention, other formats possibly require a conversion similar to that with which such a format is
 10 transferred to the (image) memory of a computer.

Assuming a black/white image S, a part of the thus assembled matrix is shown by the grid of figure 7, wherein the points in the grid represent the pixels of the source image S with for each grid point S_{ij} a discrete value of I_{ij} from 0 to 255 from the matrix to thereby designate
 15 the grey value of the relevant pixel. In order to enlarge such an image while retaining resolution, intermediate points have to be created, of which the value of the grey value has to be calculated. One of these points T is shown in the figure.

A first estimate of the grey value I_t of the intermediate pixel T can be obtained by
 20 interpolation on the basis of the values of the surrounding pixels. The point of departure herefor in this example is a weighted average of the values of the surrounding pixels, wherein the weighting assigned to each pixel is highly dependent on its distance from T. A more particular point of departure herein for the weighting factors is a normalized Gaussian distribution, of which pixel T forms the origin. Owing to the sharp fall in the weighting
 25 factors according to this curve, it is possible to suffice for the interpolation with a finite region A of for instance 4x4 pixels around T, which pixels are hatched in the figure. On the basis of this interpolation there results an interpolated grey value P_t for the pixel T to be calculated in accordance with the following relation:

$$P_t = \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} \cdot I_{ij}, \text{ where } \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} = 1$$

30 According to the invention a local maximum and a local minimum around the pixel T to be calculated is also determined in addition to the interpolated value P_t . In the embodiment

described here the starting point for this purpose is a reference region B of 4x4 pixels $S_{1,1}, S_{0,0}, S_{2,2}$, an origin $S_{0,0}$ of which is formed by the pixel in the original image lying just in front of the pixel for calculating. This region is shown hatched in the figure. A local maximum I_{\max} and a local minimum I_{\min} of the grey values of the original pixels are
 5 determined within this region.

In addition, the local dynamics in the grey values are determined according to the invention within a reference region around the pixel T for calculating. The starting point herefor in this embodiment is the same reference region B as that in which the local minimum and
 10 maximum have been determined. These dynamics provide a measure for the hardness or contrast of the image and are derived in this embodiment from the normalized average difference between the grey values of the pixels S_{ij} in reference region B and a weighted average of the pixels in a reference region C of 5x5 pixels around the pixel S_{ij} for which the local dynamics has to be calculated. This region C therefore differs for each pixel S_{ij} and is
 15 indicated by way of example in the figure for $S_{0,0}$. This is expressed in the following formula:

$$D_{ij} = \frac{\sum_{(ij) \in B} G_{ij} \cdot \|I_{ij} - I_{gem(i,j)}\|}{\sum I_{ij}}$$

$$\text{where } I_{gem(ij)} = \sum_{(p,q) \in C} I_{pq} \cdot G'_{pq} \text{ with } \sum_{(p,q) \in C} G'_{pq} = 1$$

20 The starting point for the weighted average L_{gem} here are weighting factors G'_{pq} on the basis of a normalized Gaussian distribution which attributes a greater weighting to pixels close to the pixel T for calculating than to further removed pixels. For the resulting factor D_{ij} there applies: $0 \leq D_{ij} \leq 1$. A value $D_{ij}=1$ indicates that the source image in the relevant region is very hard, i.e. has very sharp transitions in intensity, while a value $D_{ij}=0$ indicates precisely the
 25 opposite, i.e. no differences in intensity occur within the region. The local dynamics D_i associated with the pixel T to be calculated are derived from the weighted average of the values D_{ij} from the reference region B around the pixel T to be calculated.

The grey value of the pixel T to be calculated is established by adjusting the interpolated value P_t to the local maximum or minimum on the basis of the thus found hardness value D_t . Taken for this purpose in this embodiment is a weighted average of P_t and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is applied which depends on the difference from P_t and is proportional to the hardness value D_t . This is expressed for instance by the following formula applied in this example:

$$I_t = P_t \cdot (1 - D_t) + D_t \cdot [I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) \cdot \sin_n \left(\frac{P_t - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right)]$$

where $\sin_0(t) = 1/2 + 1/2 \cdot \sin(\pi(t - 1/2))$ and $\sin_n(t) = \sin_0 \cdot \sin_{n-1}(t)$ with $n \approx 5$

If in the relevant reference region B the source image is completely level and has no differences in intensity, which is reflected by a value $D=0$, no shifting or adjustment of the interpolated value P_t takes place. In the case of a comparatively hard image with great differences in intensity, wherein D will move in the direction of a value $D=1$, the adjustment will in contrast be maximal. The final value I_t will in that case be shifted to the local minimum or maximum, depending on which value lies closest to the interpolated value P_t , thereby resulting in more definition. The local dynamics of the original image S are thus taken into account in the final grey value I_t which is calculated for the pixel T to be added.

The foregoing algorithm is applied for all pixels which have to be calculated among or adjacently of the original pixels in order to create the desired enlargement while retaining resolution. In practice this means that for all pixels of the original source image the associated local maxima, minima and average hardness values are calculated beforehand so that these are then immediately available for the above stated calculations. The stated algorithm allows of simple translation into computer software with which a suitable computer can be loaded to perform the calculations fully automatically. In a user interface adapted thereto setting options can be offered for fine-tuning of the size of the reference regions, the relations for the weighting factors and other parameters.

The result on the basis of this embodiment of the method according to the invention is shown in figures 3 and 6 for respectively a relatively hard source image in the form of a

sharply defined character and a more variegated source image corresponding with a photographic image. It can clearly be seen that the definition of the character in figure 3 has been retained despite the great enlargement thereof, while the variegation in the image of figure 6 is retained with the method according to the invention and is even better preserved than on the basis of solely an interpolation method as shown in figure 5.

Although the invention has been further elucidated above with reference to only two embodiments, it will be apparent that the invention is by no means limited to the given embodiments. The invention can thus also be applied to images with more colours, wherein the above stated algorithm is applied separately to each basic colour. The invention can advantageously also be applied for the interpolation of sound data and other data with non-critical bit values while retaining dynamics. The above stated weighting factors and frames of reference, although very effective, have been given solely as examples. Depending on the concrete situation, a fine-tuning thereof can take place to further enhance the quality of the final result. Larger, smaller or identical reference regions can for instance thus be applied to calculate the various above stated factors and, in order to determine the final grey value of the pixel for calculating, a different algorithm can also be chosen which takes account of the local dynamics derived in this pixel and the local maximum and minimum.

The invention generally provides a method of interpolating data while retaining dynamics, which implies that the character and the definition of the source data is retained to a significant degree in the result.

Claims

1. Method for processing data in the form of a grid of discrete source values, wherein at least one target value situated among the source values is determined by means of
5 interpolation, **characterized in that** in a region round the target value for determining a local minimum and a local maximum is determined of the surrounding source values, that in a region round the target value to be determined a measure for the dynamics of the surrounding source values is determined and that the target value calculated by interpolation is adjusted in the direction of either the local maximum or the local minimum on the basis of
10 the calculated measure for the dynamics of the surrounding source values.
2. Method as claimed in claim 1, **characterized in that** use is made of interpolation on the basis of a non-linear density distribution which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away, in particular a
15 Gaussian distribution, at least an exponential density distribution.
3. Method as claimed in claim 1 or 2, **characterized in that** a source value which lies closest to the target value for determining in the grid is taken as source of a region extending over a finite number of mutually adjacent source values and that the local maximum and the
20 local minimum are determined in this region.
4. Method as claimed in claim 3, **characterized in that** the measure for the dynamics of the source values is determined in a second region extending over a finite number of mutually adjacent source values, which second region is optionally of the same size as the
25 first region in which the local maximum and minimum are determined.
5. Method as claimed in claim 4, **characterized in that** the dynamics are derived from a normalized difference between a source value and an average of all source values in the second region.

6. Method as claimed in claim 5, **characterized in that** for the average of all source values in the second region a weighted average is taken which assigns a heavier weighting to source values located closer in the grid than to source values located further away and which particularly utilizes a non-linear density distribution for the purpose of determining the weighting factors and more particularly from a Gaussian distribution, at least from an exponential density distribution.

7. Method as claimed in any of the foregoing claims, **characterized in that** the final target value is a weighted average of the target value determined on the basis of interpolation and the local maximum and minimum, wherein a weighting factor is employed which depends on average local dynamics of the source values located around the target value to be determined and the relative location of the target value determined on the basis of interpolation relative to the local maximum and minimum.

8. Method as claimed in any of the foregoing claims, **characterized in that** for all source values an associated local minimum and maximum and an associated dynamic value are determined beforehand so as to be read for the purpose of determining the target value.

9. Method as claimed in any of the foregoing claims, **characterized in that** the source values comprise separate numerical values for separate information components in the source data and that for each information component individually a target value located among the source values is determined for this information component.

10. Method as claimed in claim 9, **characterized in that** the data comprises the pixels of an image with a separate discrete source value for each basic colour therein and that for each basic colour individually a target value located among the source values is determined.

11. A computer loaded with software for performing the method as claimed in one or more of the foregoing claims.

12. Software for performing the method as claimed in one or more of the claims 1-10 in a computer.

1/7

a _s



T1

Fig.1

2/7

a s

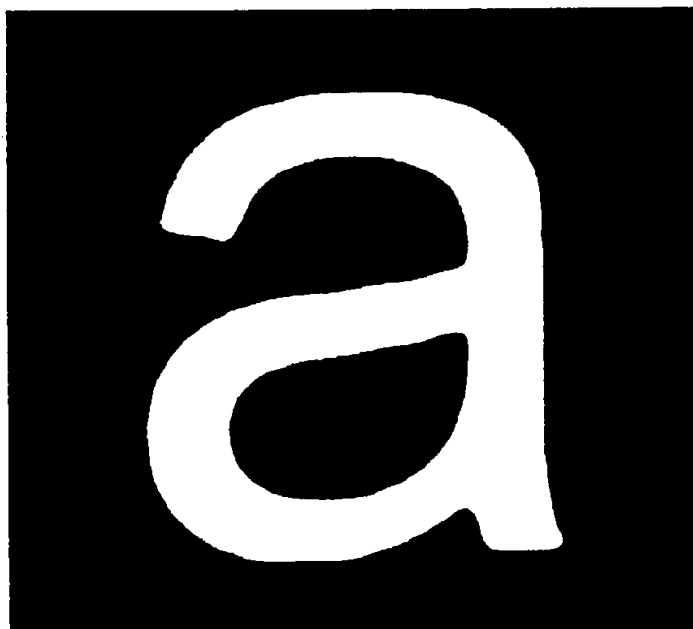


T2

Fig.2

3/7

a s



T3

Fig.3

4/7



S



T1

Fig.4

5/7



S



T2

Fig.5

6/7



S



T3

Fig.6

7/7

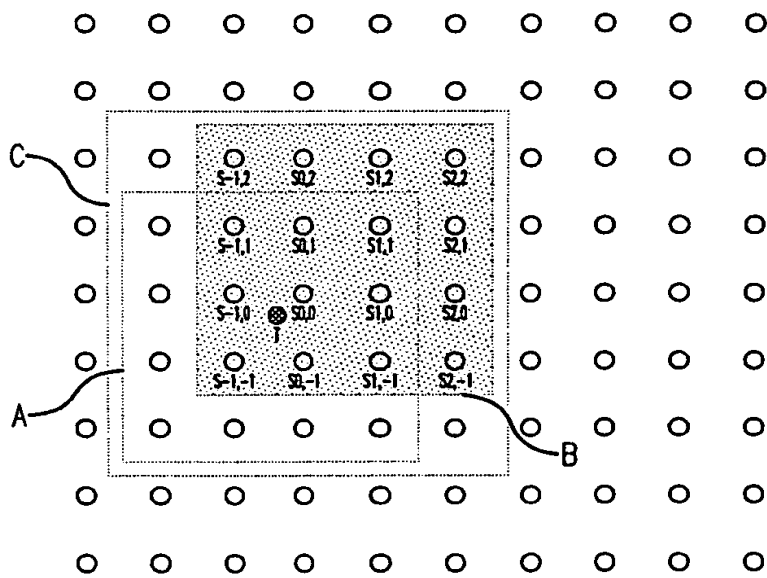


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 00/00359

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G06T5/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EP0-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 561 724 A (KIDO KUNIIHIKO ET AL) 1 October 1996 (1996-10-01) abstract column 6, line 25 - line 35 ---	1-12
Y	WALLIS J W ET AL: "AN OPTIMAL ROTATOR FOR ITERATIVE RECONSTRUCTION" IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, US, IEEE INC. NEW YORK, vol. 16, no. 1, 1 February 1997 (1997-02-01), pages 118-123, XP000685496 ISSN: 0278-0062 abstract page 118, right-hand column, line 46 -page 119, left-hand column, line 18; figure 1 --- -/--	1-12



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 September 2000

Date of mailing of the international search report

08/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gonzalez Ordonez, O

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No.

00/00359

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JENSEN K ET AL: "SUBPIXEL EDGE LOCALIZATION AND THE INTERPOLATION OF STILL IMAGES" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 4, no. 3, 1 March 1995 (1995-03-01), pages 285-295, XP000501903 ISSN: 1057-7149 abstract ---	1-12
A	US 4 853 794 A (TSUKADA NORISHIGE ET AL) 1 August 1989 (1989-08-01) abstract column 2, line 48 -column 3, line 24 ---	1-12
A	US 5 134 503 A (KIMURA HIDEAKI) 28 July 1992 (1992-07-28) abstract column 2, line 65 -column 3, line 15 column 7, line 26 -column 10, line 7 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No

00/00359

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5561724 A	01-10-1996	JP 6348842 A	22-12-1994
US 4853794 A	01-08-1989	JP 2577748 B	05-02-1997
		JP 63266982 A	04-11-1988
		DE 3789091 D	24-03-1994
		DE 3789091 T	19-05-1994
		EP 0269993 A	08-06-1988
US 5134503 A	28-07-1992	JP 2650759 B	03-09-1997
		JP 3054679 A	08-03-1991

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 25.05.2000 04:25:23 PM

0	For receiving Office use only	
0-1	International Application No.	PCT/NL 00 / 00359
0-2	International Filing Date	25 MAY 2000 (25.05.00)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	BUREAU VOOR DE INDUSTRIËLE EIGENDOM P.C.T. INTERNATIONAL APPLICATION
0-4	Form - PCT/RO/101 PCT Request	
0-4-1	Prepared using	PCT-EASY Version 2.90 (updated 10.05.2000)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	Netherlands Industrial Property Office (RO/NL)
0-7	Applicant's or agent's file reference	WO 99.1091
I	Title of invention	METHOD FOR DATA PROCESSING
II	Applicant	
II-1	This person is:	applicant only
II-2	Applicant for	all designated States except US
II-4	Name	ESSENTIAL RESOURCE B.V.
II-5	Address:	Julianaweg 9 NL-3603 AP Maarssen Netherlands
II-6	State of nationality	NL
II-7	State of residence	NL
III-1	Applicant and/or inventor	
III-1-1	This person is:	applicant and inventor
III-1-2	Applicant for	US only
III-1-4	Name (LAST, First)	EIJKELHOF, Rogier
III-1-5	Address:	Burgemeester Weertsstraat 86 NL-6814 HR Arnhem Netherlands
III-1-6	State of nationality	NL
III-1-7	State of residence	NL

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 25.05.2000 04:25:23 PM

IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	agent
IV-1-1	Name (LAST, First)	JILDERDA, Anne, Ayolt
IV-1-2	Address:	Octrooibureau LIOC P.O. Box 13363 NL-3507 LJ Utrecht Netherlands
IV-1-3	Telephone No.	+ 31 30 2 30 50 20
IV-1-4	Facsimile No.	+ 31 30 2 30 50 30
IV-1-5	e-mail	jilderda@lioc.nl
V	Designation of States	
V-1	Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AP: GH GM KE LS MW SD SL SZ TZ UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT EA: AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT OA: BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	AE AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH&LI CN CR CU CZ DE DK DM EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZW

PCT REQUEST

WO 99.1091

Original (for SUBMISSION) - printed on 25.05.2000 04:25:23 PM

V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.	
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	NONE
VI-1	Priority claim of earlier national application	
VI-1-1	Filing date	31 May 1999 (31.05.1999)
VI-1-2	Number	1012198
VI-1-3	Country	NL
VI-2	Priority document request The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s):	VI-1
VII-1	International Searching Authority Chosen	European Patent Office (EPO) (ISA/EP)
VII-2	Request to use results of earlier search; reference to that search	
VII-2-1	Date	19 July 1999 (19.07.1999)
VII-2-2	Number	SN 33434 NL
VII-2-3	Country (or regional Office)	EP
VII-3	Request to use results of earlier search; reference to that search	
VII-3-1	Date	
VII-3-2	Number	
VII-3-3	Country (or regional Office)	EP
VII-4	Request to use results of earlier search; reference to that search	
VII-4-1	Date	
VII-4-2	Number	
VII-4-3	Country (or regional Office)	EP
VII-5	Request to use results of earlier search; reference to that search	
VII-5-1	Date	
VII-5-2	Number	
VII-5-3	Country (or regional Office)	EP

PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 25.05.2000 04:25:23 PM

VII-6	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-6-1	Date		
VII-6-2	Number		
VII-6-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-7	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-7-1	Date		
VII-7-2	Number		
VII-7-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-8	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-8-1	Date		
VII-8-2	Number		
VII-8-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-9	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-9-1	Date		
VII-9-2	Number		
VII-9-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-10	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-10-1	Date		
VII-10-2	Number		
VII-10-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-11	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-11-1	Date		
VII-11-2	Number		
VII-11-3	Country (or regional Office)	EP	
VII-12	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-12-1	Date		
VII-12-2	Number		
VII-12-3	Country (or regional Office)	EP	
VIII	Check list	number of sheets	electronic file(s) attached
VIII-1	Request	5	-
VIII-2	Description	10	-
VIII-3	Claims	3	-
VIII-4	Abstract	1	ab991091.txt
VIII-5	Drawings	7	-
VIII-7	TOTAL	26	
	Accompanying items	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
VIII-8	Fee calculation sheet	✓	-
VIII-16	PCT-EASY diskette	-	diskette
VIII-18	Figure of the drawings which should accompany the abstract	3	
VIII-19	Language of filing of the international application	Dutch	

PCT REQUEST

WO 99.1091

Original (for SUBMISSION) - printed on 25.05.2000 04:25:23 PM

IX-1	Signature of applicant or agent	
IX-1-1	Name (LAST, First)	JILDERDA, Anne, Ayolt

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

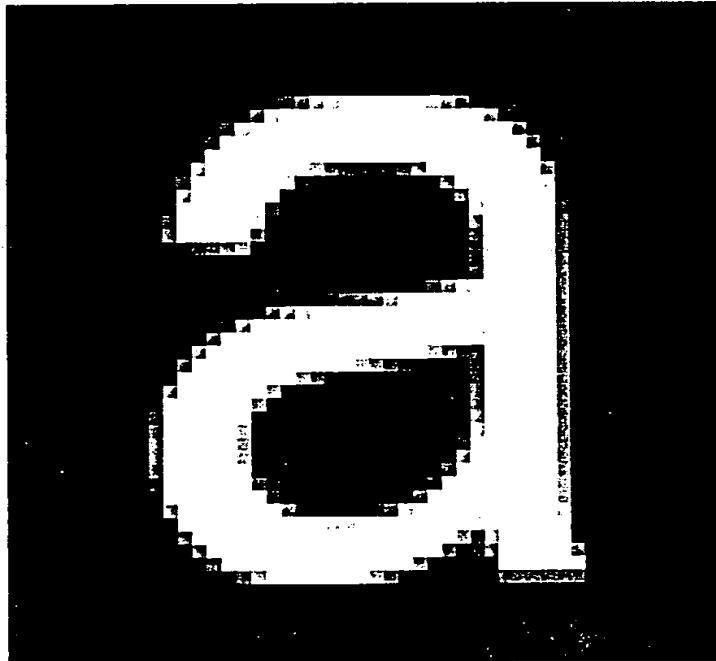
10-1	Date of actual receipt of the purported international application	
10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/EP
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	(25.05.00)	25 MAY 2000
------	--	--------------	-------------

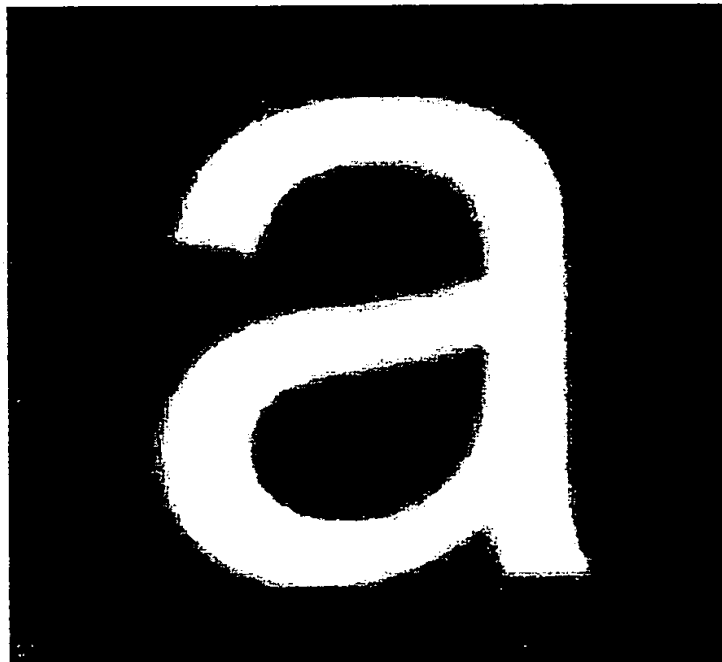
28 JUNE 2000

(28.06.00)

a s

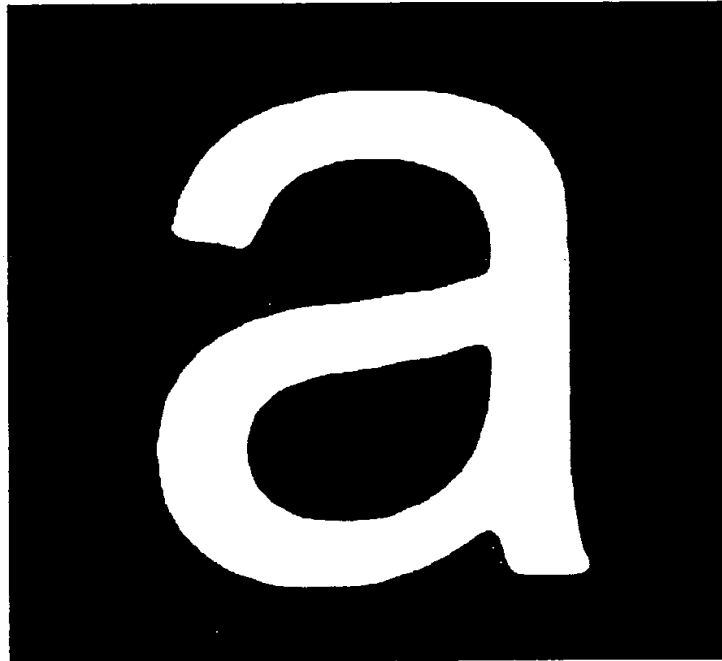
T1

Fig.1

a s

T2

Fig.2

a s

T3

Fig.3



S



T1

Fig.4



Fig.5

6/7



S



T3

Fig.6

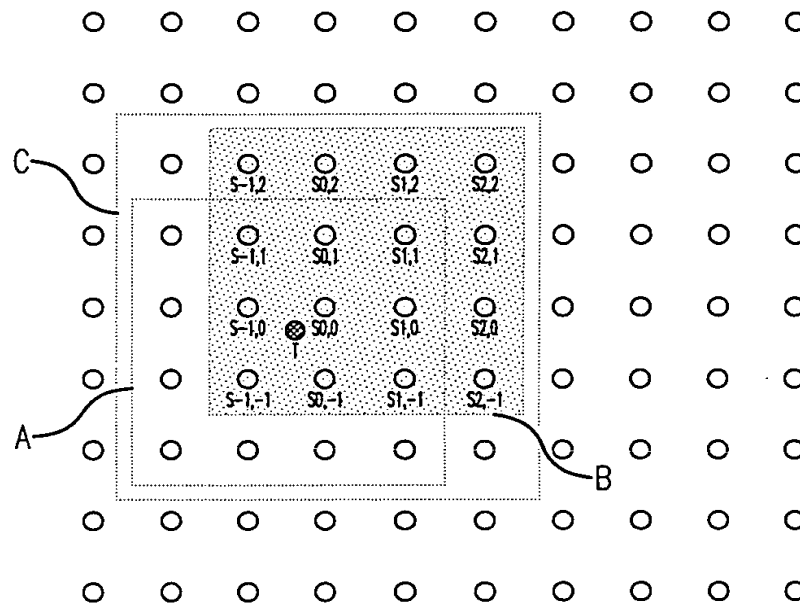


Fig.7

Werkwijze voor het verwerken van data.

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het verwerken van data in de vorm van een rooster van discrete bronwaarden, waarbij door middel van interpolatie ten minste één tussen de bronwaarden gelegen doelwaarde wordt bepaald.

Een dergelijke werkwijze is bruikbaar voor data van uiteenlopende aard en met name voor het vergroten, verdichten of de-comprimeren van computerdata met een niet-kritische bitwaarde, zoals bijvoorbeeld geluids- en animatiebestanden. Het uitgangspunt is steeds een één- of meerdimensionaal rooster van discrete bronwaarden waartussen door middel van interpolatie concrete doelwaarden dienen te worden voorspeld. De bronwaarden omvatten daarbij getalswaarden die in het geval van bijvoorbeeld een afbeelding de kleurintensiteit van een daarin aanwezige basiskleur aangeeft en in het geval van een geluidsbestand de frequentie, oftewel toonhoogte, dan wel de intensiteit daarvan representeert. In het geval van andersoortige data zal overeenkomstig een andere informatiecomponent in de uitgangsdata als maat worden genomen.

Voor digitale afbeeldingen bestaat een aantal min of meer gestandaardiseerde vormen waarin de data worden opgeslagen. Het zogenaamde bitmap formaat is bijvoorbeeld een vorm waarbij de data in een reeks van discrete getalswaarden liggen opgeslagen. Deze reeks kan betrekkelijk eenvoudig worden omgezet in een tweedimensionale matrix van bronwaarden die ieder de kleurintensiteit van daarmee corresponderende beeldpunten aangeven. Bij een monochromatische afbeelding ontstaat aldus een enkele matrix, terwijl bij een kleurenafbeelding een dergelijke matrix kan worden geconstrueerd voor ieder van de basiskleuren.

Een van de meest eenvoudige wijzen om een dergelijke afbeelding te vergroten is het vergroten van de discrete beeldpunten. Het resultaat daarvan is in figuur 1 en 4 aangeven, waarbij de onderste afbeelding T1 een circa vijfvoudige uitvergroting is van de uitgangsafbeelding S. Duidelijk is te zien dat een dergelijke wijze van uitvergroting in belangrijke mate afbreuk doet aan de resolutie van de uiteindelijke afbeelding. Doordat ieder beeldpunt van de uitgangsafbeelding S in het resultaat T1 als een rechthoekig beeldvlak van een uniforme kleur(intensiteit) terugkomt, ontstaat een

duidelijke blokstructuur die niet overeenstemt met de oorspronkelijke uitgangsaafbeelding.

5 Een beter resultaat wordt verkregen door tussen de bronwaarden in de uitgangsdata
doelwaarden door interpolatie vast te stellen. In het geval van een afbeelding wordt
daarbij op basis van de kleurwaarden van een groep omringende beeldpunten de meest
waarschijnlijke kleurwaarde van een tussengelegen doelwaarde bepaald. Bij voorkeur
wordt daarbij uitgegaan van een gewogen gemiddelde van de kleurwaarden van de
omringende beeldpunten, waarbij gewoonlijk aan meer nabijgelegen beeldpunten een
10 zwaarder gewicht wordt toegekend dan aan verder weg gelegen beeldpunten. Het
resultaat van een dergelijke methode die door veel hedendaagse grafische
computerprogramma's in onderling al of niet ietwat verschillende vorm wordt toegepast
is in figuur 2 en 5 weergegeven. Uitgegaan is van dezelfde uitgangsaafbeelding S en
eenzelfde vergrotingsfactor als in de andere figuren ter verkrijging van het eindresultaat
15 T2. Een blokstructuur zoals bij een simpele beeldpuntvergroting wordt aldus in
belangrijke mate vermeden doordat beeldpunten van het bronmateriaal S als het ware
zijn uitgesmeerd in het eindresultaat T1. Voor een afbeelding zoals die van figuur 5
levert dit weliswaar een redelijk resultaat, doch de afbeelding van figuur 2 verliest veel
van diens scherpte doordat de randen van de afbeelding relatief vaag raken. Dergelijke
20 vage randen zijn betrekkelijk onvermijdelijk uitgaande van een interpolatietechniek
omdat interpolatie tussen zwart en wit zoals in de onderhavige afbeelding aan de randen
steeds een zekere grijswaarde zal opleveren. Naarmate een grotere uitvergroting wordt
gekozen wordt dit effect sterker.

25 Met de onderhavige uitvinding wordt beoogd in een werkwijze van de in de aanhef
genoemde soort te voorzien die een dergelijke vervaging van de afbeelding althans in
belangrijke mate tegengaat, opdat de kwaliteit van de afbeelding beter wordt behouden.

Om het beoogde doel te bereiken heeft een werkwijze van de in de aanhef genoemde
30 soort volgens de uitvinding als kenmerk dat in een gebied om de te bepalen doelwaarde
een lokaal minimum en een lokaal maximum wordt bepaald van de omringende

bronwaarden, dat in een gebied om de te bepalen doelwaarde een maat voor de dynamiek van de omringende bronwaarden wordt bepaald en dat de door interpolatie berekende doelwaarde op basis van de berekende maat voor de dynamiek van de omliggende bronwaarden in de richting van hetzij het lokale maximum, hetzij het lokale minimum wordt bijgesteld. Hierbij wordt niet alleen door interpolatie een tussenliggende waarde bepaald, maar tevens een analyse uitgevoerd in de uitgangsdata om de dynamiek of contrast daarvan te bepalen in althans het gebied waar een nieuwe doelwaarde dient te worden berekend. Op basis van de aldus bepaalde dynamiek wordt de geïnterpoleerde waarde meer of minder naar de waarde van een lokaal minimum of maximum bijgesteld. In het geval van bijvoorbeeld een reeds betrekkelijk vage bronafbeelding zal de aldus bijgestelde doelwaarde niet of nauwelijks van de geïnterpoleerde waarde afwijken, doch in het geval van een betrekkelijk dynamische afbeelding met lokaal scherpe verschillen in de bronwaarden, zal deze bijstelling de geïnterpoleerde waarde sterk naar het lokale maximum of minimum kunnen verschuiven zodat het contrast in de uitgangsdata in belangrijke mate behouden blijft. Het resultaat T3 van een uitvoeringsvorm van een de werkwijze volgens de uitvinding is in figuur 3 en 6 weergegeven, uitgaande van dezelfde bronafbeelding S en vergrotingsfactor als bij de andere figuren en geeft duidelijk de verbetering aan ten opzichte van de bestaande vergrotingstechnieken.

In een bijzondere uitvoeringsvorm heeft de werkwijze volgens de uitvinding als kenmerk dat een bronwaarde die in het rooster het meest nabij de te bepalen doelwaarde ligt als oorsprong wordt genomen van een gebied dat zich over een eindig aantal onderling naburige bronwaarden uitstrekt en dat in dit gebied het lokale maximum en het lokale minimum wordt bepaald. Hierbij wordt ter bepaling van het lokale minimum en maximum voor iedere doelwaarde die dient te worden berekend steeds van een uniform kader uitgegaan met een evengroot aantal bronwaarden als referentie. Hetzelfde geldt voor de bepaling van de lokale dynamiek van de bronwaarden in een verdere bijzondere uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding, gekenmerkt doordat in een tweede gebied dat zich over een eindig aantal onderling naburige bronwaarden uitstrekt de maat voor de dynamiek van de bronwaarden wordt bepaald,

welk tweede gebied al of niet van eenzelfde grootte is als het eerste gebied waarin het lokale maximum en minimum worden bepaald.

5 In het kader van de onderhavige uitvinding wordt onder lokale dynamiek in de bronwaarden verstaan de mate waarin de bronwaarden in het betreffende gebied van elkaar verschillen en ook de steilheid waarmee deze verschillen aanwezig zijn. Een verdere bijzondere uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding omvat in dit verband een algoritme dat hieraan een getalswaarde toekent en is daartoe gekenmerkt
10 doordat de dynamiek wordt gevonden uit een genormeerd verschil van een bronwaarde met een gemiddelde van alle bronwaarden in het tweede gebied. Bij voorkeur wordt daarbij voor het gemiddelde van alle bronwaarden in het tweede gebied een gewogen gemiddelde genomen dat aan meer nabij gelegen bronwaarden in het rooster een zwaarder gewicht toekent dan aan verder gelegen bronwaarden en dat in het bijzonder
15 uitgaat van een niet lineaire dichtheidsverdeling ter bepaling van de gewichtsfactoren en meer in het bijzonder van een Gauss-verdeling, althans een exponentiële dichtheidsverdeling.

Voor het bepalen van de verschillende factoren die binnen het kader van de uitvinding
20 een rol spelen voor het voorspellen van de doelwaarde wordt steeds uitgegaan van een aantal bronwaarden in een eindig eerste en tweede gebied als referentiekader. Relatief ver verwijderd gelegen bronwaarden kunnen buiten beschouwing blijven omdat zij niet of nauwelijks bijdragen aan de precisie waarmee de doelwaarde wordt berekend en zelfs afbreuk kunnen doen aan die precisie doordat het verband met de te voorspellen
25 doelwaarde ontbreekt. Bovendien neemt de rekentijd van de werkwijze toe naarmate meer bronwaarden als referentiekader worden genomen. Anderzijds zullen slechts één of twee referentiewaarden in veel gevallen te weinig zijn om de doelwaarde op een betrouwbare wijze te kunnen voorspellen. In de praktijk is een bijzondere uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding probaat gebleken, waarbij het
30 eerste en tweede gebied zich beiden over negen bronwaarden in het rooster uitstrekken.

De bijstelling van de geïnterpoleerde waarde naar het lokale maximum of minimum binnen het kader van de onderhavige uitvinding kan op zichzelf op verscheidene wijzen worden uitgevoerd. Een verdere bijzondere uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft evenwel als kenmerk dat de uiteindelijke doelwaarde een gewogen
5 gemiddelde is van de op basis van interpolatie bepaalde doelwaarde en het lokale maximum en minimum, waarbij een gewichtsfactor wordt gehanteerd die afhangt van een gemiddelde lokale dynamiek van de rondom de te bepalen doelwaarde gelegen bronwaarden en de relatieve ligging van de op basis van interpolatie bepaalde doelwaarde ten opzichte van het lokale maximum en minimum.

10

Op zichzelf kan ter bepaling van de lokale minima, maxima en dynamiek telkens voor iedere te bepalen doelwaarde afzonderlijk een berekening worden uitgevoerd. Een voorkeursuitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft evenwel als kenmerk dat voor alle bronwaarden een bijbehorend lokaal minimum en maximum,
15 alsmede een bijbehorende dynamiekwaarde vooraf wordt bepaald om ter bepaling van de doelwaarde te worden uitgelezen. Hierbij wordt eenmaal voor alle bronwaarden tegelijk een berekening uitgevoerd ter bepaling van de genoemde waarden, zodat deze vervolgens rechtstreeks beschikbaar zijn. Dit bespaart aanzienlijk in rekentijd doordat berekeningen die anders herhaaldelijk zouden worden uitgevoerd nu slechts eenmalig
20 rekentijd in beslag nemen.

De uitvinding leent zich niet alleen voor data met slechts een enkele informatiecomponent maar ook voor data in de vorm van bronwaarden met afzonderlijke getalswaarden voor afzonderlijke informatiecomponenten. Conform een
25 verdere uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding wordt daarbij voor iedere informatiecomponent afzonderlijk een tussen de bronwaarden gelegen doelwaarde voor die informatiecomponent bepaald.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan de hand van een
30 uitvoeringsvoorbeeld en een bijbehorende tekening. In de tekening toont:

- figuur 1 de uitvergroting van een eerste afbeelding op basis van een bestaande techniek gebruik makend van beeldpuntvergroting;
- figuur 2 een uitvergroting van de eerste afbeelding op basis van een tweede bestaande techniek, gebruik makend van louter beeldpuntinterpolatie;
- 5 figuur 3 een uitvergroting van de eerste afbeelding op basis van een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de onderhavige uitvinding;
- figuur 4 de uitvergroting van een tweede afbeelding op basis van een bestaande techniek gebruik makend van beeldpuntvergroting;
- figuur 5 een uitvergroting van de tweede afbeelding op basis van een tweede bestaande techniek, gebruik makend van louter beeldpuntinterpolatie;
- 10 figuur 6 een uitvergroting van de tweede afbeelding op basis van de uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de onderhavige uitvinding gebruikt in figuur 3.
- 15 Hoewel de uitvinding zich in beginsel voor iedere soort van data, waarbij de exacte bitwaarde niet kritisch is, laat zij zich binnen het bestek van de onderhavige aanvraag het best toelichten aan de hand van een voorbeeld met grafische data in de vorm van een afbeelding S. De data op basis waarvan de afbeelding kan worden geconstrueerd, bevindt zich mogelijk reeds in een vorm van een rooster of matrix corresponderend met
- 20 de beeldpunten van de afbeelding met voor ieder beeldpunt een getalsmatige bronwaarde die een kleurwaarde aangeeft of wordt met het oog op de werkwijze volgens de uitvinding in een dergelijke vorm gebracht. In het geval van een monochromatische afbeelding behelst de kleurwaarde louter een intensiteit, bijvoorbeeld een grijswaarde; bij een kleurenafbeelding zal dit een verzameling van bijvoorbeeld drie waarden zijn,
- 25 voor ieder basiskleur één. Een veel gebruikt formaat waarin afbeeldingen digitaal worden opgeslagen, is het zogenaamde bitmap formaat dat voor ieder beeldpunt van een kleurenafbeelding drie kanalen omvat van ieder 8 bit en derhalve voor ieder basiskleur 256 waarden kent. Dit formaat kan betrekkelijk rechtstreeks door de werkwijze volgens de uitvinding worden aangewend, andere formaten vergen mogelijk een conversie gelijk
- 30 aan die waarmee een dergelijk formaat in het (beeld)geheugen van een computer wordt overgebracht.

- Uitgaande van een zwart/wit afbeelding S wordt een deel van de aldus samengestelde matrix weergegeven door het rooster van figuur 7, waarbij de punten in het rooster de beeldpunten van de uitgangsafbeelding S representeren met voor ieder roosterpunt S_{ij} een discrete waarde I_{ij} van 0 tot en met 255 uit de matrix om daarmee de grijswaarde van het betreffende beeldpunt aan te geven. Om een dergelijke afbeelding met behoud van resolutie te vergroten, dienen tussenliggende punten te worden gecreëerd waarvan de waarde van de grijswaarde dient te worden berekend. Een van deze punten T is in de figuur aangegeven.
- 10 Een eerste schatting van de grijswaarde I_t van het tussengelegen beeldpunt T kan door interpolatie worden verkregen op basis van de waarden van de omringende beeldpunten. Hiervoor wordt in dit voorbeeld uitgegaan van een gewogen gemiddelde van de waarden van de omringende beeldpunten, waarbij het gewicht dat aan ieder beeldpunt wordt toegekend in sterke mate afhangt van diens afstand tot T. Meer in het bijzonder wordt daarbij voor de gewichtsfactoren uitgegaan van een genormeerde Gaussverdeling, waarvan beeldpunt T de oorsprong vormt. Door de sterke daling van de
- 15 gewichtsfactoren volgens deze curve kan voor de interpolatie worden volstaan met een eindig gebied A van bijvoorbeeld 4x4 beeldpunten rondom T, welke punten in de figuur zijn gearceerd. Op basis van deze interpolatie volgt een geïnterpoleerde grijswaarde P_t voor het te berekenen beeldpunt T conform de navolgende betrekking:
- 20

$$P_t = \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} \cdot I_{ij}, \text{ waarbij } \sum_{(i,j) \in A} G_{ij} = 1$$

- Volgens de uitvinding wordt naast de geïnterpoleerde waarde P_t tevens een lokaal maximum en een lokaal minimum rondom het te berekenen beeldpunt T bepaald. In het hier beschreven voorbeeld wordt daartoe uitgegaan van een referentiegebied B van 4x4 beeldpunten $S_{-1,-1}, S_{0,0}, S_{2,2}$ waarvan een oorsprong $S_{0,0}$ wordt gevormd door het beeldpunt dat in de oorspronkelijke afbeelding juist voor het te berekenen beeldpunt ligt. Dit gebied is in de figuur gearceerd weergegeven. Binnen dit gebied wordt een lokaal maximum I_{\max} en een lokaal minimum I_{\min} van de grijswaarden van de oorspronkelijke beeldpunten bepaald.
- 25

Voorts wordt volgens de uitvinding binnen een referentiegebied rondom het te berekenen beeldpunt T de lokale dynamiek in de grijswaarden bepaald. Hiertoe wordt in dit voorbeeld uitgegaan van hetzelfde referentiegebied B als dat waarin het lokale minimum en maximum werden bepaald. Deze dynamiek geeft een maat voor de

5 hardheid oftewel het contrast van de afbeelding en wordt in dit voorbeeld gevonden uit het genormeerde gemiddelde verschil tussen de grijswaarden van de beeldpunten S_{ij} in het referentiegebied B en een gewogen gemiddelde van de beeldpunten in een referentiegebied C van 5x5 beeldpunten rondom het punt S_{ij} waarvoor de lokale dynamiek dient te worden berekend. Dit gebied C verschilt dus voor ieder punt S_{ij} en is

10 in de figuur bij wijze van voorbeeld voor S_{00} aangegeven. Een en ander komt tot uitdrukking in de navolgende formule:

$$D_{ij} = \frac{\sum_{(ij) \in B} G_{ij} \cdot \|I_{ij} - I_{gem(i,j)}\|}{\sum I_{ij}},$$

waarbij $I_{gem(i,j)} = \sum_{(p,q) \in C_{ij}} I_{pq} \cdot G'_{pq}$ met $\sum_{(ij) \in B} G_{ij} = 1$ en $\sum_{(p,q) \in C_{ij}} G_{pq} = 1$

Hierbij wordt voor het gewogen gemiddelde I_{gem} uitgegaan van gewichtsfactoren G'_{pq} op basis van een genormeerde Gaussverdeling die aan beeldpunten nabij het te berekenen

15 beeldpunt T een groter gewicht hecht dan aan verder verwijderde beeldpunten. Voor de resulterende factor D_{ij} geldt: $0 \leq D_{ij} \leq 1$. Een waarde $D_{ij}=1$ geeft aan dat de bronafbeelding in het betreffende gebied zeer hard is, dat wil zeggen zeer scherpe overgangen in intensiteit kent, terwijl een waarde $D_{ij}=0$ juist het tegenovergestelde aangeeft, namelijk dat geen intensiteitsverschillen binnen het gebied voorkomen. De met het te berekenen

20 beeldpunt T geassocieerde lokale dynamiek D_i wordt gevonden uit het gewogen gemiddelde van de waarden D_{ij} uit het referentiegebied B rondom het te berekenen punt T.

De grijswaarde van het te berekenen beeldpunt T wordt vastgesteld door op basis van de

25 aldus gevonden hardheidswaarde D_i de geïnterpoleerde waarde P_i naar het lokale maximum of minimum bij te stellen. Hiertoe wordt in dit voorbeeld een gewogen gemiddelde genomen van P_i en het lokale maximum en minimum, waarbij een

weegfactor wordt toegepast die afhangt van het verschil met P_t en evenredig is met de hardheidswaard D_t . Een en ander wordt bijvoorbeeld tot uitdrukking gebracht door de navolgende, in dit voorbeeld toegepaste, formule:

$$I_t = P_t \cdot (1 - D_t) + D_t \cdot [I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) \cdot \sin_n\left(\frac{P_t - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}\right)]$$

waarbij $\sin_0(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sin(\pi(t - \frac{1}{2}))$ en $\sin_n(t) = \sin_0 \cdot \sin_{n-1}(t)$ met $n \approx 5$

5 Indien in het betreffende referentiegebied B de bronafbeelding volstrekt vlak is en geen intensiteitsverschillen kent, wat wordt weerspiegeld door een waarde $D=0$, vindt geen verschuiving of bijstelling van de geïnterpoleerde waarde P_t plaats. Bij een betrekkelijk harde afbeelding met grote intensiteitsverschillen, waarbij D in de richting van een waarde $D=1$ zal gaan, zal de bijstelling daarentegen juist maximaal zijn. De
10 uiteindelijke waarde I_t zal in dat geval naar het lokale minimum of maximum worden getrokken, afhankelijk welke waarde het dichtst bij de geïnterpoleerde waarde P_t ligt, waardoor meer scherpte ontstaat. Aldus wordt de lokale dynamiek van de oorspronkelijke afbeelding S verdisconteerd in de uiteindelijke grijswaarde I_t die voor het toe te voegen punt T wordt berekend.

15

Het voorgaande algoritme wordt toegepast voor alle beeldpunten die tussen of naast de oorspronkelijke beeldpunten dienen te worden berekend om de gewenste uitvergroting met behoud van resolutie te creëren. In de praktijk betekent dit dat vooraf voor alle beeldpunten van de oorspronkelijke bronafbeelding de daarbij behorende lokale
20 maxima, minima en gemiddelde hardheidswaarden worden berekend, opdat die vervolgens rechtstreeks beschikbaar zijn voor de hiervoor aangegeven berekeningen. Het aangegeven algoritme laat zich eenvoudig vertalen in computerprogrammatuur waarmee een geschikte computer kan worden geladen om de berekeningen volledig automatisch uit te voeren. In een daarop afgestemde gebruikersinterface kunnen
25 instellingsmogelijkheden worden geboden om de grootte van de referentiegebieden, de relaties voor de gewichtfactoren en andere parameters fijn te regelen.

Het resultaat op grond van dit uitvoeringsvoorbeeld van de werkwijze volgens de uitvinding is in figuur 3 en 6 weergegeven voor respectievelijk een relatief harde bronafbeelding in de vorm van een scherp afgebakend karakter en een meer geschakeerde bronafbeelding overeenkomend met een fotografische opname. Duidelijk is te zien dat de scherpte van het karakter in figuur 3 behouden blijft ondanks de sterke uitvergroting daarvan, terwijl ook de schakering in de afbeelding van figuur 6 bij de werkwijze volgens de uitvinding behouden blijft en zelfs beter wordt gehandhaafd dan op grond van louter een interpolatiemethode zoals weergegeven in figuur 5.

Hoewel de uitvinding hiervoor aan de hand van louter een tweetal voorbeelden nader werd toegelicht zal het duidelijk zijn dat de uitvinding geenszins tot het gegeven voorbeeld is beperkt. Zo kan de uitvinding ook worden toegepast op afbeeldingen met meer kleuren, waarbij het hiervoor aangegeven algoritme op ieder basiskleur afzonderlijk wordt toegepast. Ook kan de uitvinding met voordeel worden toegepast voor het met behoud van dynamiek interpoleren van geluidsdata en andere data met niet-kritische bitwaarden. De hiervoor aangegeven gewichtsfactoren en referentiekaders werden, hoewel zeer probaat, louter als voorbeeld gegeven. Afhankelijk van een concrete situatie kan daarvoor een fijnafstemming plaatsvinden om de kwaliteit van het eindresultaat verder te bevorderen. Zo kunnen bijvoorbeeld grotere, kleinere of identieke referentiegebieden worden toegepast voor het berekenen van de verscheidene hiervoor aangegeven factoren en ook kan voor het bepalen van de uiteindelijke grijswaarde van het te berekenen punt een ander algoritme worden gekozen dat rekening houdt met de gevonden lokale dynamiek in dit punt en het lokale maximum en minimum.

In het algemeen biedt de uitvinding een werkwijze om data met behoud van dynamiek te interpoleren, wat inhoudt dat het karakter en de scherpte van de uitgangsdata in belangrijke mate wordt gehandhaafd in het resultaat.

Conclusies:

1. Werkwijze voor het verwerken van data in de vorm van een rooster van discrete
bronwaarden, waarbij door middel van interpolatie ten minste één tussen de
5 bronwaarden gelegen doelwaarde wordt bepaald, met het kenmerk dat in een gebied om
de te bepalen doelwaarde een lokaal minimum en een lokaal maximum wordt bepaald
van de omringende bronwaarden, dat in een gebied om de te bepalen doelwaarde een
maat voor de dynamiek van de omringende bronwaarden wordt bepaald en dat de door
interpolatie berekende doelwaarde op basis van de berekende maat voor de dynamiek
10 van de omliggende bronwaarden in de richting van hetzij het lokale maximum, hetzij
het lokale minimum wordt bijgesteld.

2. Werkwijze volgens conclusie 1 met het kenmerk dat gebruik wordt gemaakt van
interpolatie op basis van een niet-lineaire dichtheidsverdeling die aan meer nabij
15 gelegen bronwaarden in het rooster een zwaarder gewicht toekent dan aan verder
gelegen bronwaarden, in het bijzonder een Gauss-verdeling, althans een exponentiële
dichtheidsverdeling.

3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2 met het kenmerk dat een bronwaarde die in
20 het rooster het meest nabij de te bepalen doelwaarde ligt als oorsprong wordt genomen
van een gebied dat zich over een eindig aantal onderling naburige bronwaarden uitstrekt
en dat in dit gebied het lokale maximum en het lokale minimum wordt bepaald.

4. Werkwijze volgens conclusie 3 met het kenmerk dat in een tweede gebied dat
25 zich over een eindig aantal onderling naburige bronwaarden uitstrekt de maat voor de
dynamiek van de bronwaarden wordt bepaald, welk tweede gebied al of niet van
eenzelfde grootte is als het eerste gebied waarin het lokale maximum en minimum
worden bepaald.

5. Werkwijze volgens conclusie 4 met het kenmerk dat de dynamiek wordt gevonden uit een genormeerd verschil van een bronwaarde met een gemiddelde van alle bronwaarden in het tweede gebied.
- 5 6. Werkwijze volgens conclusie 5 met het kenmerk dat voor het gemiddelde van alle bronwaarden in het tweede gebied een gewogen gemiddelde wordt genomen dat aan meer nabij gelegen bronwaarden in het rooster een zwaarder gewicht toekent dan aan verder gelegen bronwaarden en in het bijzonder uitgaat van een niet lineaire dichtheidsverdeling ter bepaling van de gewichtsfactoren en meer in het bijzonder van
10 een Gauss-verdeling, althans van een exponentiële dichtheidsverdeling.
7. Werkwijze volgens een der voorafgaande conclusies met het kenmerk dat de uiteindelijke doelwaarde een gewogen gemiddelde is van de op basis van interpolatie bepaalde doelwaarde en het lokale maximum en minimum, waarbij een gewichtsfactor
15 wordt gehanteerd die afhangt van een gemiddelde lokale dynamiek van de rondom de te bepalen doelwaarde gelegen bronwaarden en de relatieve ligging van de op basis van interpolatie bepaalde doelwaarde ten opzichte van het lokale maximum en minimum.
8. Werkwijze volgens een der voorafgaande conclusies met het kenmerk dat voor
20 alle bronwaarden een bijbehorend lokaal minimum en maximum, alsmede een bijbehorende dynamiekwaarde vooraf wordt bepaald om ter bepaling van de doelwaarde te worden uitgelezen.
9. Werkwijze volgens een der voorafgaande conclusies met het kenmerk dat de
25 bronwaarden afzonderlijke getalswaarden omvatten voor afzonderlijke informatiecomponenten in de uitgangsdata en dat voor iedere informatiecomponent afzonderlijk een tussen de bronwaarden gelegen doelwaarde voor die informatiecomponent wordt bepaald.
- 30 10. Werkwijze volgens conclusie 9 met het kenmerk dat de data de beeldpunten van een afbeelding omvatten met voor iedere basiskleur daarin een afzonderlijke discrete

bronwaarde en dat voor iedere basiskleur afzonderlijk een tussen de bronwaarden
gelegen doelwaarde wordt bepaald.

5 11. Een computer geladen met programmatuur voor het uitvoeren van de werkwijze
volgens een of meer der voorafgaande conclusies.

12. Programmatuur voor het uitvoeren van de werkwijze volgens één of meer der
conclusies 1 tot en met 10 in een computer.

Uittreksel:

Werkwijze voor het verwerken van data.

- 5 Bij een werkwijze voor het verwerken van data in de vorm van een rooster van discrete bronwaarden wordt door middel van interpolatie ten minste één tussen de bronwaarden gelegen doelwaarde bepaald. Volgens de uitvinding wordt tevens rekening gehouden met het karakter en de scherpste van de brondata door in een gebied om de te bepalen doelwaarde een lokaal minimum en een lokaal maximum van de omringende
- 10 bronwaarden en in een gebied om de te bepalen doelwaarde een maat voor de dynamiek van de omringende bronwaarden te bepalen. De door interpolatie berekende doelwaarde wordt op basis van de aldus berekende maat voor de dynamiek van de omliggende bronwaarden in de richting van hetzij het lokale maximum, hetzij het lokale minimum bijgesteld om uitdrukking te geven aan het karakter en de scherpste van de uitgangsdata.

15

Fig. 3